บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล

4.1 การหาภาวะที่เหมาะสมของการเตรียมสารสะท้อนน้ำ

4.1.1 การดำเนินไปของปฏิกิริยา

พฤติกรรมการเข้ากันของสารอนุพันธ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันรำข้าวกับสารประกอบฟลูออรีนที่อัตราส่วน 1:3 ในภาวะที่ต่างกันของเวลาในการดำเนินปฏิกิริยาคือ 4, 12 ชั่วโมง และภาวะที่ต่างกันของอุณหภูมิคือ 120,140,160 องศาเซลเซียส

จากผลการทดสอบพฤติกรรมการเข้ากันของสารอนุพันธ์แสดงในตารางที่ 4.1 เพื่อหาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟลูออโรเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันรำข้าว

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองในการหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน

เวลา/อุณหภูมิของปฏิกิริยา (ชั่วโมง/ °C)	ภาวะ	ผลการทดลอง
4/120	1	สารทั้งสองชนิดไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อตั้งทิ้งไว้
12/120	2	สารทั้งสองชนิดไม่เข้าเป็นเนื้อเดียวกันเมื่อตั้งทิ้งไว้
4/140	3	สารทั้งสองชนิดเข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นของไหลหนืดสีเหลืองอ่อน
12/140	4	สารทั้งสองชนิดเข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นของไหลหนืดสีเหลืองเข้ม
4/160	5	สารเป็นของเหลวใสและสารประกอบฟลูออรีนเกิดการระเหยเป็นผงขาวติดตามตัวควบแน่น
12/160	6	สารเป็นของเหลวใสและสารประกอบฟลูออรีนเกิดการระเหยเป็นผงขาวติดตามตัวควบแน่น

ภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชันระหว่างน้ำมันรำข้าวและสารประกอบฟลูออรีนที่อัตราส่วน 1:3 ที่ได้จากการทดสอบพบว่า ภาวะที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส น้ำมันและสารประกอบฟลูออรีนเกิดการแยกชั้นเห็นได้ชัดเจนเมื่อตั้งทิ้งไว้แม้มีการดำเนินไปของปฏิกิริยาถึง 12 ชั่วโมง และภาวะที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส สารอนุพันธ์เป็นของเหลวใสและสารประกอบฟลูออรีนเกิดการระเหยเป็นผงขาวติดตามตัวควบแน่น

ดังนั้นภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟลูออโรเอสเทอร์ที่ได้จากน้ำมันรำข้าวคือภาวะที่ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นภาวะที่สารทั้งสองเข้าเป็นเนื้อเดียวกันเป็นของไหลหนืด

4.1.2 การหาลักษณะเฉพาะด้วยแก๊สโครมาโทกราฟี

1. การเตรียมอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวที่อุณหภูมิและเวลาที่ต่างกัน

การหาลักษณะเฉพาะด้วยแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับการแยกสารตัวอย่างซึ่งเป็นของผสม เป็นที่ทราบว่าปริมาตรรีเทนชันนั้นเป็นลักษณะเฉพาะของสารแต่ละชนิด ดังนั้นในการตรวจพิสูจน์อนุพันธ์น้ำมันรำข้าวจะต้องทำการวิเคราะห์ทั้งน้ำมันรำข้าว และ สารประกอบฟลูออรีนภายใต้ภาวะเดียวกัน นำค่ารีเทนชันไทม์มาเปรียบเทียบกันดังตารางที่ 4.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 ปริมาณร้อยละของอนุพันธ์น้ำมันรำข้าวที่ถูกวิเคราะห์โดยใช้GC

เวลา รีเทนชัน	สารประกอบ ฟลูออรีน	น้ำมันรำข้าว	รีเทนชันไทม์ของอนุพันธ์น้ำมันรำข้าวที่เวลาและอุณหภูมิของปฏิกิริยาต่างๆ					
			120° C		140 °C		160 °C	
			4 hr.	12hr.	4hr.	12hr.	4hr.	12hr.
2.20	49.75	51.24	55.72	55.93	63.63	62.98	41.52	53.21
2.35	3.58		13.53					
3.30		7.45						
4.17	16.03	13.96	5.39	1.14	1.03	0.91	3.30	2.53
4.54			3.49	5.07	4.09	6.32	8.15	
5.50			7.30	9.38	6.94	8.53	10.03	16.04
6.30	10.96	27.34			4.40		5.20	13.17
6.95	19.69		11.42	15.45	19.61	0.53	1.01	5.91
7.50				0.51			26.50	9.14
8.60			3.15	12.54		20.74	4.30	

ผลจากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ รีเทนชันไทม์ที่ 2.20 พบว่า เป็นตำแหน่งของตัวทำละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย GC ซึ่งพบในสารตัวอย่างทุกตัวและเป็นตำแหน่งแรกที่พบเพราะตัวทำละลายมีจุดเดือดต่ำกว่าอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าว รีเทนชันไทม์ที่ 2.35 พบว่าเป็นตำแหน่งของสารประกอบฟลูออรีนซึ่งแสดงพร้อมกับอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวภาวะที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสเวลา 4 ชั่วโมง แสดงได้ว่าการดำเนินไปของปฏิกิริยาในภาวะนี้ยังมีสารตั้งต้นที่เป็นสารประกอบฟลูออรีนเหลืออยู่ รีเทนชันไทม์ที่ 4.17 เป็นตำแหน่งที่พบในน้ำมันรำข้าวและสารประกอบฟลูออรีน ซึ่งแสดงพร้อมกับอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวทุกภาวะ และ เมื่อทำการวิเคราะห์เชิงปริมาณ พบว่าเมื่อให้ปฏิกิริยาดำเนินไปเป็นระยะเวลานานขึ้น ปริมาณของสารของสารตั้งต้นที่แสดงที่ตำแหน่งรีเทนชันไทม์ที่ 4.17 นี้เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะยิ่งน้อยลง ดังภาวะที่อุณหภูมิ 120 ,140 และ 160 องศาเซลเซียส คือลดลงจาก 5.39% เป็น 1.14% เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงเป็น 12 ชั่วโมงที่ 120 องศาเซลเซียสและที่ 140 องศาเซลเซียส ลดลงจาก 1.03% เป็น 0.91% ที่เวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงเป็น 12 ชั่วโมง และภาวะที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียสลดลงจาก 3.30% เป็น 2.35% เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมงเป็น 12 ชั่วโมง ดังนั้นภาวะที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียสเวลา 12 ชั่วโมงมีปริมาณสารตั้งต้นเหลือน้อยที่สุดแสดงได้ว่าการดำเนินไปของปฏิกิริยาในภาวะนี้สมบูรณ์ที่สุด ส่วนรีเทนชันไทม์ที่ 4.54 ไม่พบในสารตั้งต้นแต่พบในอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าว เป็นไปได้ว่าเป็นกลีเซอรอลที่เป็นผลพลอยได้จากปฏิกิริยา เพราะเมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ปริมาณที่ตรวจวัดได้ที่รีเทนชันไทม์นี้จะเพิ่มขึ้น ดังภาวะที่ 120 องศาเซลเซียสและ 140 องศาเซลเซียส คือเพิ่มจาก 3.49 % เป็น 5.97 % เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก 4 ชั่วโมง เป็น 12 ชั่วโมงที่ 120 องศาเซลเซียสและที่ 140 องศาเซลเซียส เพิ่มจาก 4.09% เป็น 6.32 % เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจาก4 ชั่วโมงเป็น 12 ชั่วโมง แต่ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการดำเนินไปของปฏิกิริยานานขึ้น ไม่แสดงตำแหน่งรีเทนชันไทม์อาจเป็นเพราะภาวะของอุณหภูมิที่สูงเกินไป ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ รีเทนชันไทม์ที่ 6.3 เป็นตำแหน่งรีเทนชันไทม์ของสารตั้งต้น ซึ่งพบว่าตำแหน่งนี้ไม่พบในอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวที่ภาวะ 120 องศาเซลเซียสที่เวลา 4 และ 12 ชั่วโมง และภาวะ 140 องศาเซลเซียส เวลา 12 ชั่วโมง รีเทนชันไทม์ที่ 6.95 พบว่าเป็นรีเทนชันไทม์ของสารตั้งต้นของสารประกอบฟลูออรีน แสดงพร้อมกับอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวทุกภาวะแต่เมื่อวิเคราะห์ปริมาณที่เกิดของแต่ละภาวะพบว่าอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวภาวะที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมงให้ค่าต่ำสุดคือ 0.53% แสดงว่าดำเนินไปในภาวะนี้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อเทียบกับภาวะอื่นๆ และพบว่ารีเทนชันไทม์ที่ 8.60 เป็นตำแหน่งของสารอนุพันธ์ใหม่ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง พบว่าภาวะที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ให้ปริมาณอนุพันธ์สูงสุดคือ 20.74 % จากการทดสอบสรุปได้ว่า ภาวะที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง เป็นภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ควรใช้ในการเตรียมอนุพันธ์น้ำมันกับสารประกอบฟลูออรีนเพื่อใช้เป็นสารสะท้อน

น้ำ และนำภาวะที่เหมาะสมนี้ไปใช้ในการเตรียมอนุพันธ์ของน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันต่อไป

4.2 ลักษณะของสารสะท้อนน้ำที่ความเข้มข้นต่างกัน

เมื่อทำการเตรียมสารละลายจากน้ำกลั่น 100 กรัม ผสมสารลดแรงตึงผิว NE 105 ปริมาณ 3 % แล้วทำการเตรียมสารสะท้อนน้ำนั้นจากสารละลายที่ได้ ผสมกับสารอนุพันธ์ที่ความเข้มข้น ในอัตราส่วนต่างๆกัน แล้วกวนด้วยเครื่องกวน จนสารละลายเป็นเนื้อเดียวกับสารอนุพันธ์ ทำการบันทึกผลลักษณะของสารสะท้อนน้ำที่เกิดขึ้นแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ลักษณะของสารสะท้อนน้ำที่ปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ที่ต่างกัน

สารสะท้อนน้ำที่เตรียมได้จากน้ำมันต่างๆ	ร้อยละปริมาณสารสะท้อนน้ำ	ผลการทดลอง
น้ำมันรำข้าว	1%	สารผสมเข้ากันได้ดีสีน้ำนมเหลืองอ่อน
	2%	สารผสมเข้ากันได้ดีสีน้ำนมโดยความเหลืองเพิ่มขึ้น
	3%	สารผสมเข้ากันได้ดีสียิ่งเข้มตามเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น
	4%	สารผสมเข้ากันได้แต่เมื่อตั้งทิ้งไว้จะแยกชั้น ตกตะกอน
	6%	สารผสมเข้ากันได้และมีเกล็ดเหลืองลอยบนผิวและเมื่อตั้งทิ้งไว้จะแยกชั้น
น้ำมันปาล์ม	1%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	2%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	3%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	4%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	6%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
น้ำมันดอกทานตะวัน	1%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	2%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	3%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	4%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม
	6%	สารผสมเข้ากันได้สีน้ำนม

ผลการทดสอบพฤติกรรมการเข้ากันของสารสะท้อนน้ำในปริมาณสารสะท้อนน้ำต่างกันพบว่า พบว่าปริมาณสารสะท้อนน้ำร้อยละ 1, 2, 3, 4, 6 จากน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวัน ให้ลักษณะของสารสะท้อนน้ำเป็นสีน้ำนม สารผสมเข้ากันได้ดีแสดงว่าเกิดอิมัลชันที่สมบูรณ์ และปริมาณสารสะท้อนน้ำร้อยละ 1, 2, 3 จากน้ำมันรำข้าวก็เช่นเดียวกัน ลักษณะของสารสะท้อนน้ำเป็นสีเหลืองอ่อนซึ่งเกิดจากสีของสารอนุพันธ์ที่แตกต่าง สารผสมเข้ากันได้ดี แสดงว่าเกิดอิมัลชันสมบูรณ์ ส่วนร้อยละปริมาณสารสะท้อนน้ำที่ 4, 6เกิดอิมัลชันที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสารสะท้อนน้ำเกิดการแยกชั้น เมื่อตั้งทิ้งไว้

4.3 การหาค่า % pick up และ %add on บนผ้า

การเตรียมสารตกแต่งสะท้อนน้ำและทำการตกแต่งบนผ้าฝ้ายด้วยเครื่องจุ่มอัดโดยต้องกำหนดค่า %pick up อยู่ในช่วง 70-80% และ % add on อยู่ในช่วง 2-3% ทำการบันทึกผล 6 ครั้งพร้อมหาค่าเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงร้อยละปริมาณสารตกแต่งบนผ้าในปริมาณต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ใช้ตกแต่งผ้า (% โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำที่ได้จากน้ำมันต่างๆ	แสดงค่า % pick up และ % add on ของสารตกแต่งผ้าที่ใช้สารตกแต่งในความเข้มข้นต่างๆ									
	1%		2%		3%		4%		6%	
	*p	*a	p	a	p	a	p	a	p	a
น้ำมันรำข้าว	76	2	75	3	75	3	75	2	73	3
น้ำมันปาล์ม	76	3	74	2	73	2	74	2	74	2
น้ำมันดอกทานตะวัน	73	2	74	2	76	3	76	2	76	3

โดยที่ p* คือ % pick up

a* คือ % add on

จากผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า ค่า %pick up และ % add on อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ทำให้ทราบว่าปริมาณสารตกแต่งบนผ้าเท่ากันทุกความเข้มข้นสามารถนำมาเปรียบเทียบผลการทดสอบสะท้อนน้ำและผลการทดสอบอื่นๆบนผ้าได้

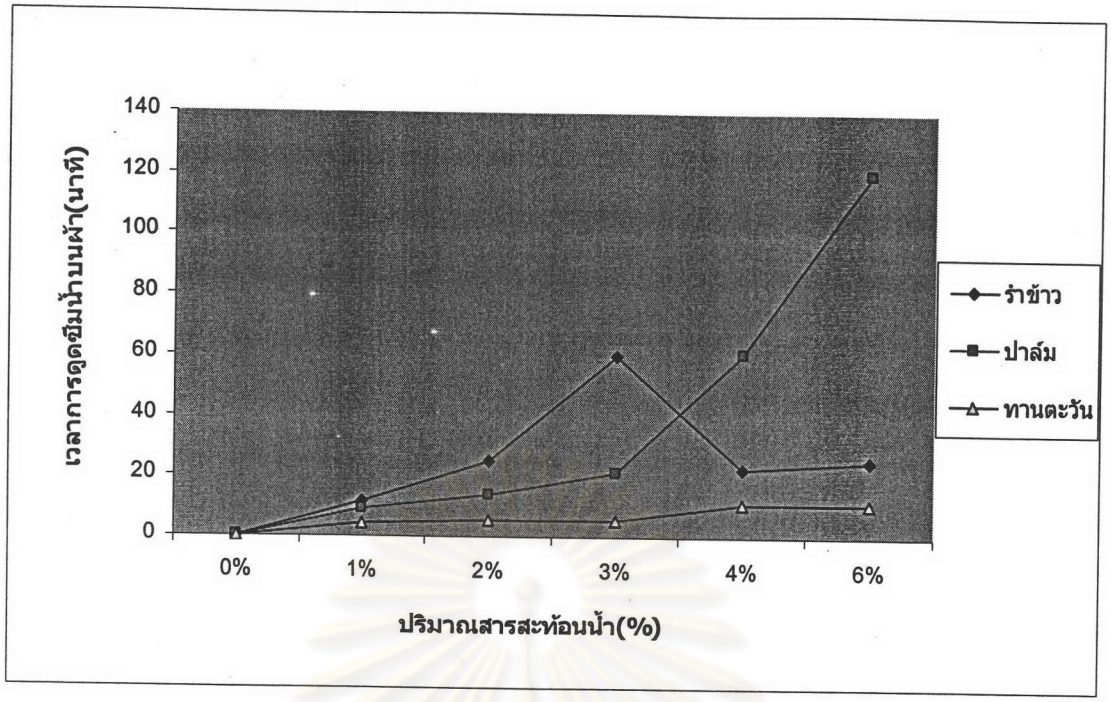
4.4 ผลการทดสอบการสะท้อนน้ำ

4.4.1 ตรวจสอบเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้า

ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจะมีประสิทธิภาพที่สามารถสะท้อนน้ำได้ทันทีเมื่อหยดน้ำลงบนผ้า และชะลอดูดซึมน้ำอย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งผืน ผลการทดสอบความสามารถในการดูดซึมน้ำที่ 10 ตำแหน่งพร้อมบันทึกผลเฉลี่ยแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆที่ปริมาณความเข้มข้นต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ตกแต่งบนผ้า (% โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ	เวลาการดูดซึมน้ำบนผ้า (นาที)					
	0%	1%	2%	3%	4%	6%
รำข้าว	0	11.55	25.02	60.072	22.52	24.79
ปาล์ม	0	8.99	14.14	21.13	60.32	120.07
ทานตะวัน	0	4.45	5.39	5.69	10.85	11.05



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆ ด้วยปริมาณต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.1 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆพบว่าเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวเพิ่มสูงขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ จนกระทั่งที่ความเข้มข้น 3 % ซึ่งเป็นค่าที่ให้สมบัติสะท้อนน้ำสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์ สมบัติการสะท้อนน้ำจะลดลงทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณ emulsifier ที่ใช้ไม่เพียงพอต่อการ emulsify สารเติมแต่งในน้ำ แม้ว่า% pick up และ % add on ของสารสะท้อนน้ำจะเท่ากันในทุกความเข้มข้น แต่การกระจายตัวของสารสะท้อนน้ำบนผ้าอาจไม่สม่ำเสมอ ซึ่งต่างจากสารสะท้อนจากน้ำมันปาล์มที่เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ การชะลอการดูดซึมน้ำจะเพิ่มขึ้นและจะเพิ่มขึ้นมากอย่างเห็นได้ชัดเมื่อปริมาณสารสะท้อนน้ำเพิ่มขึ้นจาก 4% เป็น 6 % จากค่าความชันของกราฟที่เพิ่มขึ้น ส่วนสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันดอกทานตะวัน เมื่อเพิ่มปริมาณการเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์แล้วเวลาการชะลอการดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

โดยสรุป ณ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเดียวกันที่ อิมัลชันสมบูรณ์(ซึ่งจากการทดลองคือที่ความเข้มข้น 3%) สารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวจะมีความสามารถในการชะลอการ

ดูดซึมน้ำบนผ้าได้สูงสุด รองมาคือ สารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์น้ำมันปาล์มและ สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันดอกทานตะวันตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดซึ่งมีชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันรำข้าวจะมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ถึง 42% ได้แก่พวกกรดโอลิอิก น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ 49% ได้แก่พวกปาล์มมาติก และยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวจำพวกกรดโอลิอิก ในเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกันคือ 37% และน้ำมันดอกทานตะวันประกอบด้วยกรดไขมันประเภทไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็นส่วนใหญ่ถึง 69% ได้แก่ พวกกรดลิโนลิอิก และประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวพวกกรดโอลิอิกเพียง 15 % เท่านั้น

ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของชนิดกรดไขมันกับสมบัติการชะลอการดูดซึมน้ำบนผ้าจะได้ว่ากรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวได้แก่ กรดโอลิอิกหากมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงจะเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการชะลอการดูดซึมน้ำบนผ้ามากขึ้นดังเห็นได้ชัดเจนจากน้ำมันรำข้าวดัดแปรซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดัดแปรประเภทอื่นๆ ทำให้ค่าเวลาชะลอการดูดซึมน้ำบนผ้ามีค่าสูงที่สุด

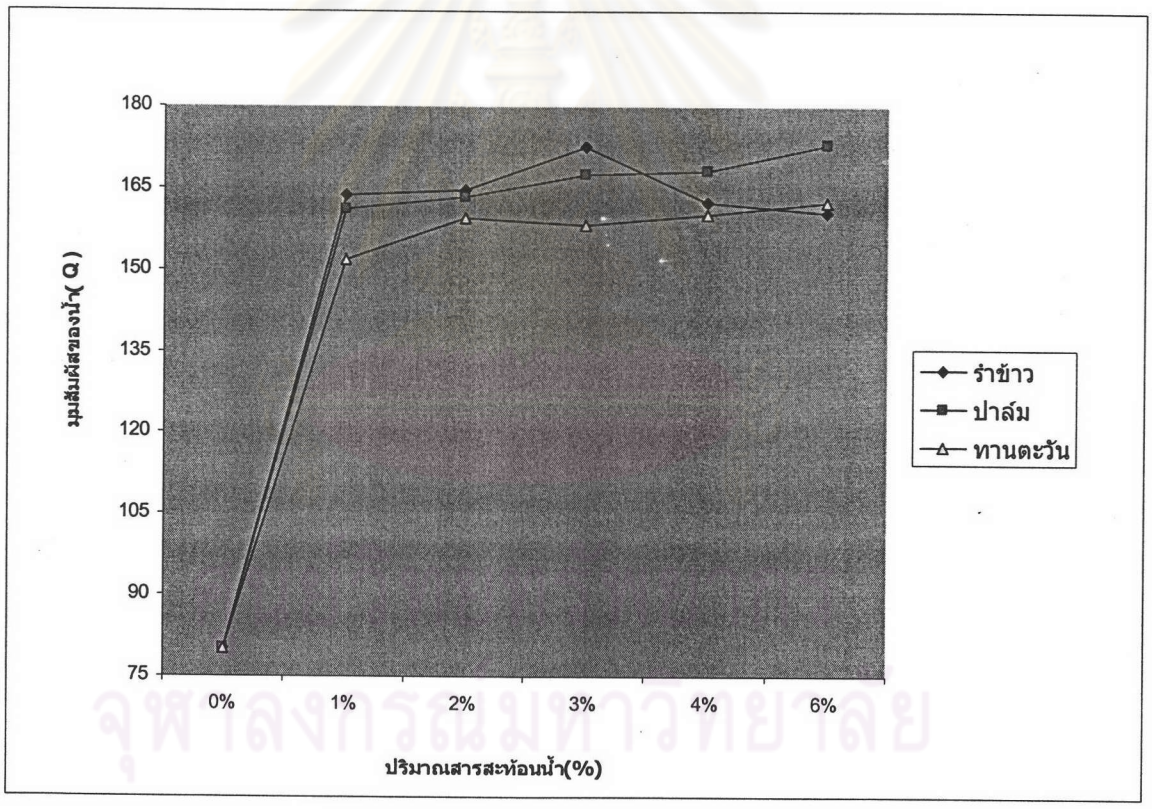
4.4.2 การศึกษามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำที่เตรียมจากน้ำมันชนิดต่างๆ

กระบวนการการสะท้อนน้ำเนื่องจากผลของค่าแรงตึงผิววิกฤต ของของแข็ง มีค่าน้อยกว่าแรงตึงผิววิกฤตของของเหลว โดยของเหลวจะไม่ซึมเข้าทำให้ของแข็งเปียก โดยจะเกิดสมบัติสารสะท้อนน้ำขึ้น เพราะฉะนั้นแล้วการทำสารสะท้อนน้ำจะต้องทำให้ของแข็งมีค่าแรงตึงผิววิกฤตลดลงต่ำกว่าค่าแรงตึงผิววิกฤตของน้ำ โดยจากงานวิจัยจึงได้ทำการเคลือบด้วยอนุพันธ์ของสารประกอบฟลูออรีนกับกรดไขมันทำให้แรงตึงผิววิกฤตของผ้าฝ้าย มีค่าลดลงต่ำกว่าค่าแรงตึงผิวของน้ำคือ 72 dyne/cm จึงทำให้ผ้าฝ้ายที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำที่เตรียมขึ้นเกิดการสะท้อนน้ำได้

การศึกษามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำที่เตรียมจากน้ำมันชนิดต่างๆ แสดงผลดังตารางที่ 4.6 เป็นผลการทดสอบหามุมสัมผัสโดยใช้วิธีที่เรียกว่า sessile drop ถ้ามุมสัมผัสมีค่าสูง พื้นผิวมีสมบัติการสะท้อนที่ดี ถ้ามุมสัมผัสมีค่าต่ำ พื้นผิวถูกทำให้เปียกได้ง่าย

ตารางที่ 4.6 มุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆที่ความเข้มข้นต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ตกแต่งบนผ้า (% โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ	มุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้า (θ)					
	0%	1%	2%	3%	4%	6%
รำข้าว	80	163.83	164.58	172.75	162.28	160.38
ปาล์ม	80	161	163.25	167.67	168	172.83
ทานตะวัน	80	151.83	159.58	158.25	160.13	162.25



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกัน

จากรูปที่ 4.2 เปรียบเทียบมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆพบว่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำของน้ำมันรำข้าวเพิ่มสูงขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำจนกระทั่งที่ความเข้มข้น 3 % ซึ่งเป็นค่าที่ให้มุมสัมผัสสูงสุด และเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ ค่ามุมสัมผัสจะลดลงเล็กน้อยซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับค่าการชะลอตัวในการดูดซึมน้ำซึ่งต่างจากน้ำมันปาล์ม เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำ ค่ามุมสัมผัสจะเพิ่มขึ้นหรือผ้ามีการสะท้อนน้ำได้ดีขึ้นแต่มุมสัมผัสผิวเล็กกว่ามุมสัมผัสของอนุพันธ์น้ำมันรำข้าว หมายความว่าอนุพันธ์ของน้ำมันปาล์มจะสะท้อนน้ำได้น้อยกว่าสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าว ส่วนน้ำมันดอกทานตะวัน เมื่อเพิ่มปริมาณการเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำแล้วมุมสัมผัสของหยดน้ำเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยหรือการสะท้อนน้ำดีขึ้นเล็กน้อยแต่มุมสัมผัสเล็กกว่าอนุพันธ์ของน้ำมันปาล์มและอนุพันธ์ของน้ำมันดอกทานตะวันซึ่งสอดคล้องกับเวลาที่ผ้าชะลอการดูดซึมน้ำ

โดยสรุป ณ เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นเดียวกันที่ อิมัลชันสมบูรณ์ (ในการทดลองนี้คือ ที่ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ 3%) สารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าวจะให้ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำได้สูงสุด รองมาคือ สารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์น้ำมันปาล์มและ สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันดอกทานตะวันตามลำดับ แต่ถ้าปริมาณสารสะท้อนน้ำเพิ่มขึ้นมากกว่า 3% จะพบว่าสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันปาล์มจะให้ค่ามุมสัมผัสมากที่สุด ซึ่งสัมพันธ์และสอดคล้องกับผลของเวลาในการชะลอการดูดซึมน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณอิมัลซิฟายเออร์ไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดอิมัลชันที่สมบูรณ์ของสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวเมื่อเพิ่มปริมาณสารสะท้อนน้ำเป็น 4% และ 6%

เมื่อทำการวิเคราะห์สมบัติของน้ำมันแต่ละชนิดซึ่งมีชนิดของกรดไขมันที่มีอยู่ในโครงสร้างที่แตกต่างกัน โดยน้ำมันรำข้าวจะมีจะกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวเป็นส่วนใหญ่ถึง 42% ได้แก่พวกกรดโอลิอิก น้ำมันปาล์ม ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนใหญ่ 49% ได้แก่พวกปาล์มมาติก และยังประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวจำพวกกรดโอลิอิกในเปอร์เซ็นต์ที่ใกล้เคียงกันคือ 37% และน้ำมันดอกทานตะวันประกอบด้วยกรดไขมันประเภทไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็นส่วนใหญ่ถึง 69% ได้แก่พวกกรดลิโนลิอิก และมีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวพวกกรดโอลิอีกเพียง 15 %

เมื่อทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันกับค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผ้าเห็นได้ว่ากรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวได้แก่ กรดโอลิอิกหากมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงจะเพิ่มค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำมากขึ้นดังเห็นได้ชัดเจนจากน้ำมันรำข้าวดัดแปรซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดัดแปรประเภทอื่นๆ และให้มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำสูงที่สุดหรือมีการสะท้อนน้ำได้ดีที่สุดนั่นเอง

การวิเคราะห์เกณฑ์การใช้มุมสัมผัสเป็นดัชนีบอกระดับความเปียกของซลาฟเฟอร์ พบว่าผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์ของน้ำมันรำข้าว อนุพันธ์ของน้ำมันปาล์มและอนุพันธ์น้ำมันดอกทานตะวัน ค่ามุมสัมผัสที่วัดได้อยู่ในช่วงเวลาที่ 5 วินาที มีค่า$180^{\circ} > \theta > 90^{\circ}$ แสดงให้เห็นว่าสารสะท้อนน้ำจากการดัดแปรน้ำมันพืชทำให้พื้นที่ผิวมีสมบัติสะท้อนน้ำที่ดี ที่มีผลให้ผ้าฝ้ายมีค่าแรงตึงผิววิกฤตลดลงต่ำกว่าแรงตึงผิววิกฤติของน้ำ

จะเห็นว่าสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวมีแนวโน้มให้ผ้าฝ้ายมีค่าแรงตึงผิววิกฤตลดต่ำลงสูงที่สุด รองลงมาคือน้ำมันปาล์ม และ น้ำมันดอกทานตะวันตามลำดับ โดยผลการทดสอบการหาค่ามุมสัมผัสนี้ให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าคือ เมื่อทำการเปรียบเทียบตามเปอร์เซ็นต์องค์ประกอบของกรดไขมันกับค่ามุมสัมผัสจะเห็นได้ว่ากรดไขมันประเภทไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวหากมีค่ามุมสัมผัสสูงจะเพิ่มประสิทธิภาพในการชะลอการดูดซึมน้ำบนผ้ามากขึ้นดังเห็นได้ชัดเจนจากน้ำมันรำข้าวดัดแปรซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันดัดแปรประเภทอื่นๆ ทำให้ค่ามุมสัมผัสบนผ้ามีค่าสูงที่สุด

4.5 ผลการทดสอบสมบัติอื่น ๆของผ้าที่ผ่านการตกแต่ง

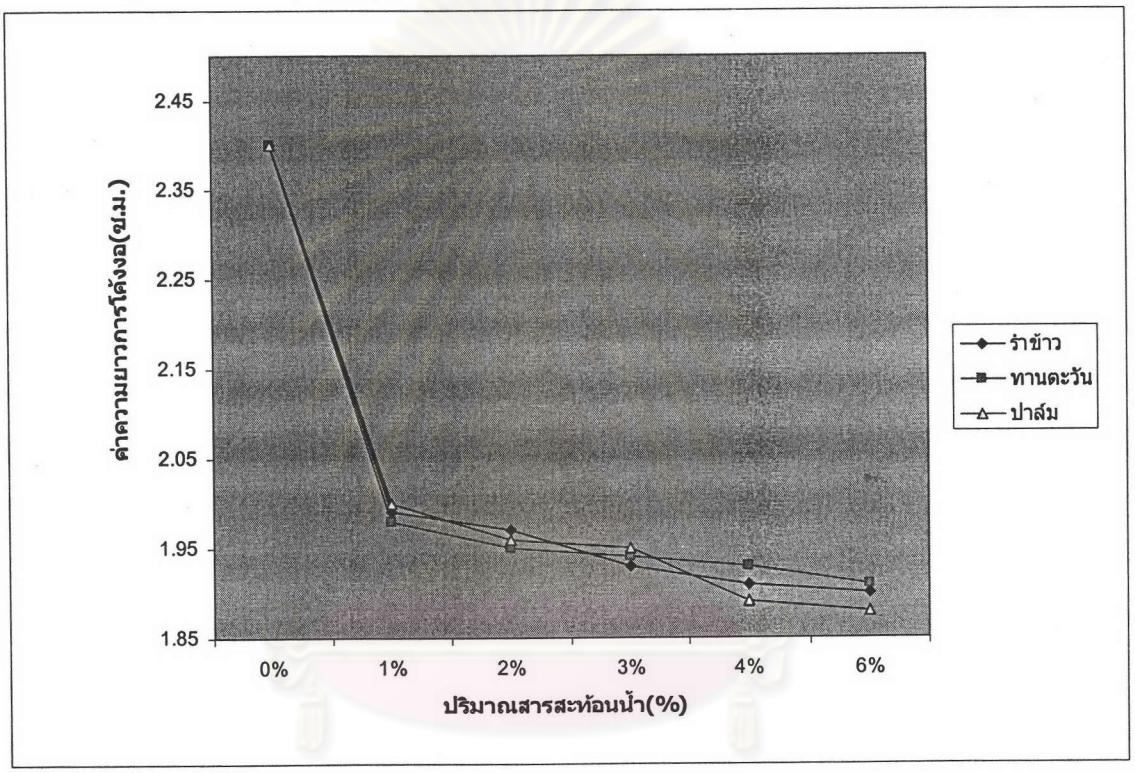
4.5.1 ความนุ่มของผ้า

การทดสอบเป็นการวัดความแข็งกระด้างของผ้า (ซึ่งเป็นค่าความต้านทานต่อการหักงอของผ้า) หลังผ่านการตกแต่งการสะท้อนน้ำ การทดสอบนี้ทำการจดบันทึก10 ครั้งพร้อมหาค่าเฉลี่ยดังตารางที่4.7 โดยการประเมินผลที่ทดสอบ หากผ้ามีค่าความยาวในการโค้งงอสูง แสดงว่าผ้านั้นมีความแข็งกระด้างสูง หากผ้านั้นมีค่าความยาวในการโค้งงอต่ำแสดงว่าผ้านั้นมีความแข็งกระด้างต่ำ

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าความยาวในการโค้งงอของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ตกแต่งบนผ้า (% โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ	ความยาวในการโค้งงอของผ้า (เซนติเมตร)					
	0%	1%	2%	3%	4%	6%
รำข้าว	2.4	1.99	1.97	1.93	1.91	1.9
ทานตะวัน	2.4	1.98	1.95	1.94	1.93	1.91
ปาล์ม	2.4	2	1.96	1.95	1.89	1.88

การทดสอบพบว่าผ้าที่ยังไม่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำ ค่าความยาวในการโค้งงอมีค่า 2.4 เซนติเมตร ส่วนผ้าที่ผ่านการตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆค่าความยาวในการโค้งงอจะลดลงเห็นได้ชัด จนกระทั่งที่ความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ที่ 6% ซึ่งเป็นค่าที่มีความยาวในการโค้งงอต่ำสุด ยิ่งปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์ยิ่งสูงมากเท่าไร ผ้าที่ได้จะมีค่าความยาวในการโค้งงอต่ำลง แสดงว่าผ้านั้นมีความนุ่มมากขึ้นเท่านั้น โดยความนุ่มของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจากอนุพันธ์น้ำมันรำข้าว อนุพันธ์น้ำมันปาล์ม และอนุพันธ์น้ำมันดอกทานตะวันมีค่าใกล้เคียงกันแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าความนุ่มของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆ ด้วยปริมาณต่างๆกัน

4.5.2 ความเหลืองของผ้าด้วยเกรย์เสกล

การทดสอบความเหลืองของผ้าเป็นการทดสอบคุณภาพของผ้าที่ผ่านการตกแต่ง ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนของสีผ้ามากน้อยเพียงใด โดยการประเมินค่าความคงทนของสีทำได้โดยการเปรียบเทียบระดับการเปลี่ยนแปลงของสีบนผ้าก่อน และ หลังการตกแต่งสารสะท้อนน้ำบนผ้า โดยใช้เกรย์เสกลสำหรับการเปลี่ยนแปลงเฉดสี นำผ้าชิ้นทดสอบมาเปรียบเทียบกัน ประเมินค่าพร้อมทั้งจดบันทึกดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสะท้อนน้ำที่ตกแต่บนผ้า (%โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ	ค่าเกรย์เสกลของผ้า					
	0%	1%	2%	3%	4%	6%
รำข้าว	5	4/5	4	3/4	3/4	3
ทานตะวัน	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4
ปาล์ม	5	4/5	4/5	4/5	4/5	4

จากการทดสอบพบว่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ไม่ถูกตกแต่งสารสะท้อนน้ำ ให้ค่าที่ระดับ 5 และการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าว พบว่ายิ่งปริมาณความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่สูงการเปลี่ยนแปลงของสีบนผ้าชัดเจนสาเหตุจากลักษณะสีของสารสะท้อนน้ำที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองเข้ม ซึ่งต่างจากลักษณะของสารสะท้อนน้ำของน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันที่มีสีน้ำนม ทำให้ผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันดอกทานตะวันและน้ำมันปาล์ม เมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสารอนุพันธ์แล้วการเปลี่ยนแปลงเฉดสีของผ้าที่ถูกตกแต่งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

4.5.3 ความขาวด้วยเครื่องวัดสี

การทดสอบความขาวด้วยเครื่องวัดสีเป็นการทดสอบคุณภาพของผ้าที่ผ่านการตกแต่ง ว่ามีผลต่อการเปลี่ยนของสีผ้ามากน้อยเพียงใดโดยการประเมินค่าความคงทนของสีทำได้โดยระบบ CIEโดยการวิเคราะห์หากผลของค่า CIE Ganz สูง แสดงว่าผ้านั้นมีความขาว และ ผลของค่า CIE Ganz ต่ำ แสดงว่าผ้านั้นมีความเหลือง โดยแต่ละผืนทำการหาค่าเฉลี่ยของผ้าจากการวัด 3 ตำแหน่ง แสดงดังตารางที่4.9

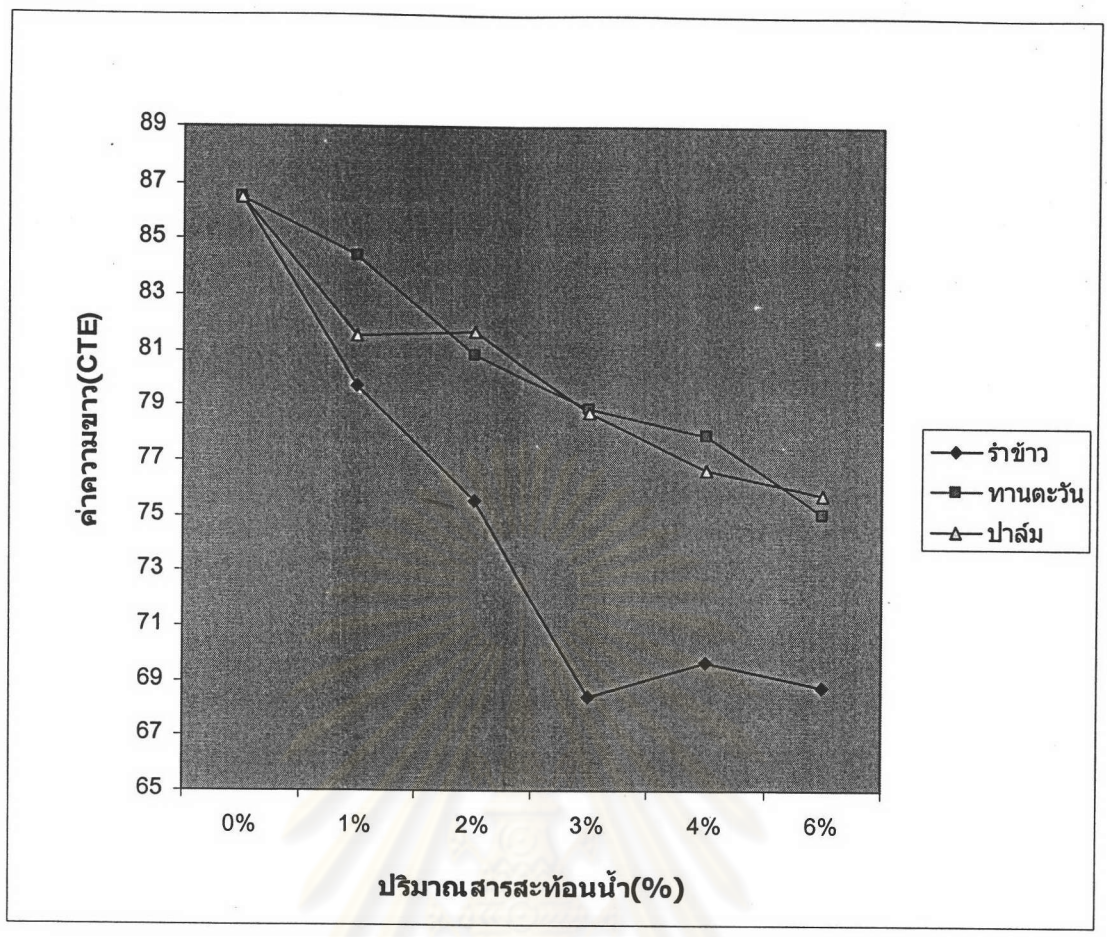
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า CIE Granz ของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกัน

ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ตกแต่งบนผ้า (% โดยน้ำหนัก) / อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ	ค่า CIE Granz ของผ้า					
	0%	1%	2%	3%	4%	6%
รำข้าว	86.517	79.7	75.53	68.42	69.66	68.76
ทานตะวัน	86.517	84.39	80.83	78.89	77.94	75.05
ปาล์ม	86.517	81.55	81.64	78.76	76.68	75.74

ผลการทดสอบ ค่าความขาวของผ้าที่ยังไม่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำค่า CIE Ganz มีค่า 86.517 และค่าความขาวของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ พบว่าเมื่อปริมาณความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำมากขึ้น ผลของค่า CIE Ganz ต่ำแสดงดังรูปที่ 4.4 โดยค่า CIE Ganz ของผ้าที่ผ่านการตกแต่งสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวมีค่าลดลง สาเหตุจากลักษณะสีของสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวที่มีลักษณะเป็นสีเหลืองเข้ม ซึ่งต่างจากลักษณะของสารสะท้อนน้ำของน้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันที่มีสีน้ำนม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความขาวของผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆ ด้วยปริมาณต่างๆกัน

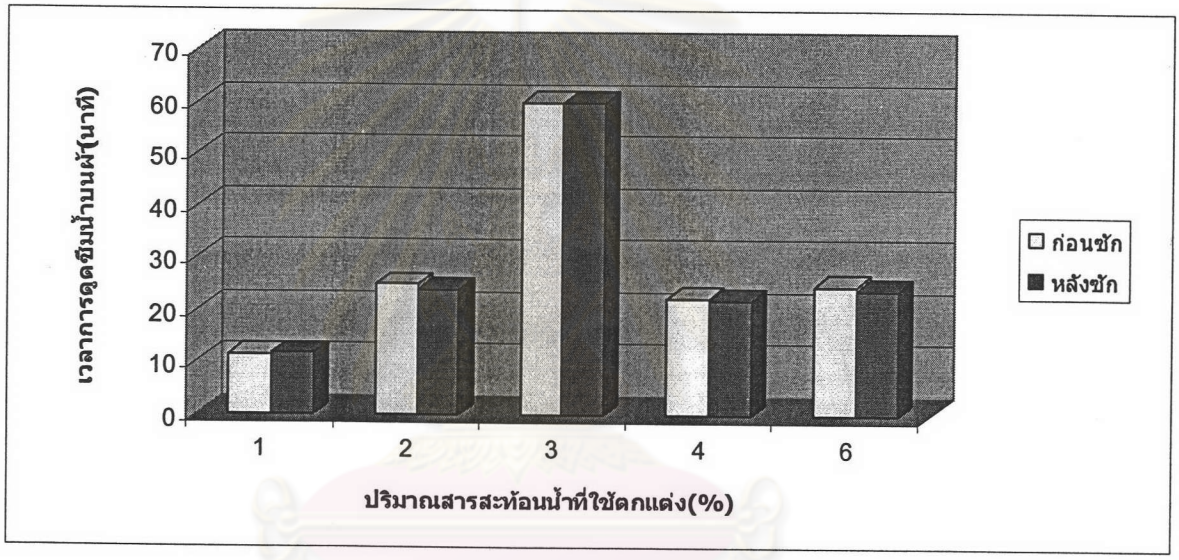
4.5.4 ความคงทนต่อการซัก

การทดสอบความคงทนต่อการซักเพื่อประเมินผลกระทบจากการซักว่ามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติสะท้อนน้ำบนผ้ามากน้อยเพียงใด การทดสอบความคงทนต่อการซัก ใช้มาตรฐาน BS 1006 C 01 โดยทำการบันทึกเวลาการดูดซึมจำนวน 10 ครั้งพร้อมหาค่าเฉลี่ยพร้อมกับ ประเมินการเปลี่ยนแปลงของเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าหลังผ่านการซักดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 แสดงเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกันก่อนและหลังซัก

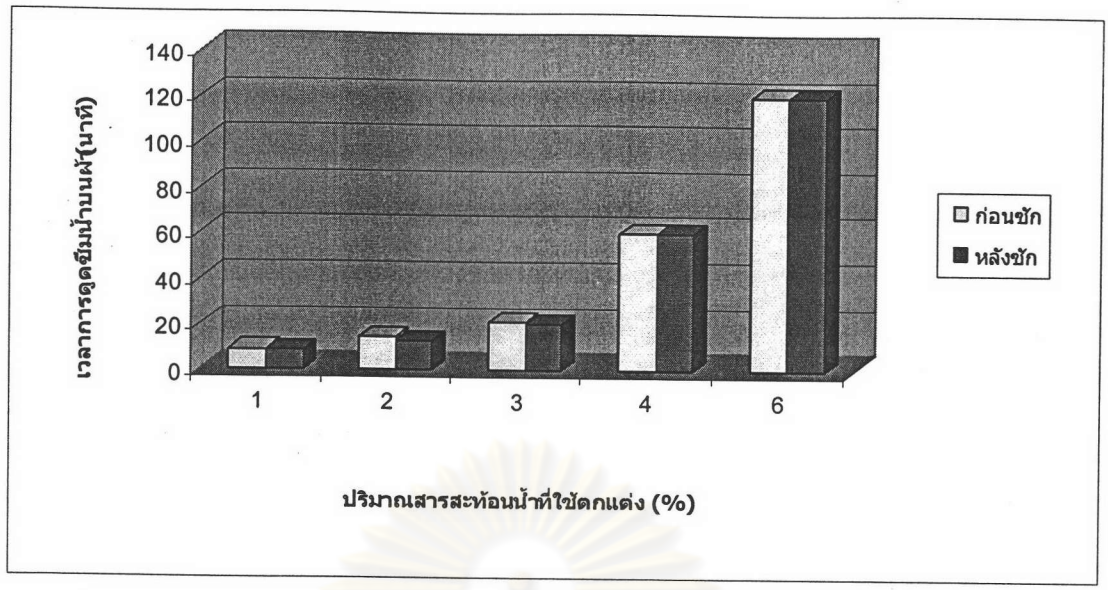
อนุพันธ์สารสะท้อนน้ำจากน้ำมันต่างๆ / ความเข้มข้นของสารสะท้อนน้ำที่ตกแต่งบนผ้า (% โดยน้ำหนัก)	เวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำและผ่านการซักล้าง(นาที)					
	น้ำมันรำข้าว		น้ำมันปาล์ม		น้ำมันดอกทานตะวัน	
	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก	ก่อนซัก	หลังซัก
1	11.55	11.65	8.99	8.55	4.45	5.05
2	25.02	24.05	14.14	13.15	5.39	5.3
3	60.07	60.15	21.13	20.2	5.69	5.7
4	22.52	22.03	60.32	60.58	10.85	11.78
6	24.79	24.05	120.07	120.78	6.89	5.78

ผลการทดสอบเวลาการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันชนิดต่างๆด้วยปริมาณต่างๆกันก่อนและหลังซักพบว่าเวลาการดูดซึมน้ำหลังซักเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนซักไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก กราฟการเปรียบเทียบแสดงดังรูปที่ 4.5, 4.6 และ 4.7 จากการตกแต่งด้วยอนุพันธ์น้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์มและน้ำมันดอกทานตะวันตามลำดับ สามารถสรุปผลได้ว่า สารสะท้อนน้ำนั้นมีการยึดติดกับเส้นใยได้ดีผ้าแม้ผ่านการซัก ยังคงสภาพของการสะท้อนน้ำ

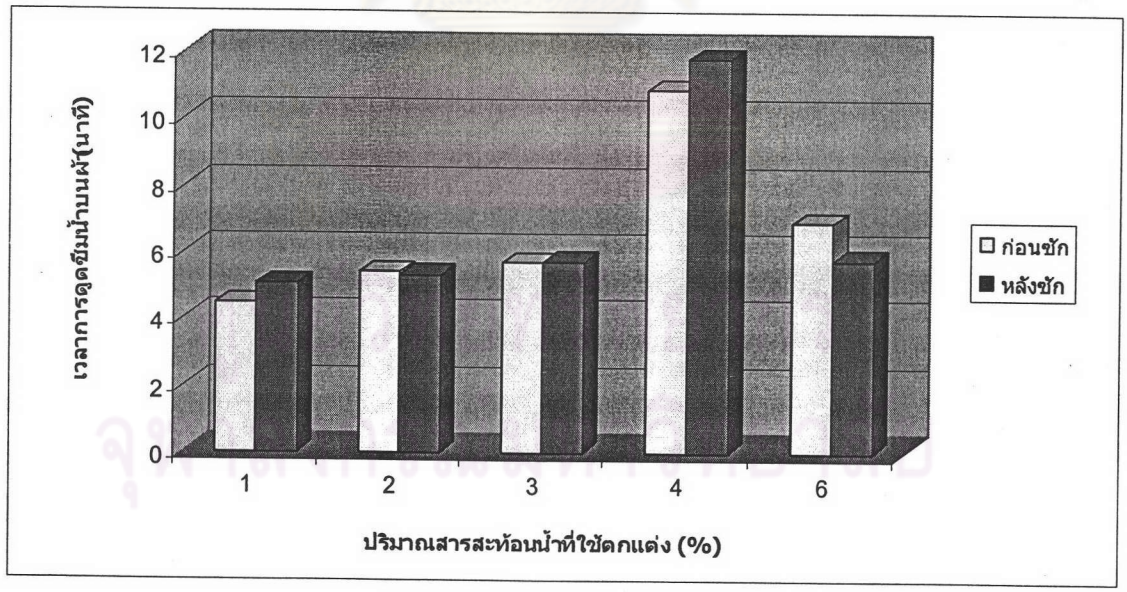


รูปที่ 4.5 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันรำข้าวด้วยปริมาณต่างๆกันก่อนและหลังซัก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันปาล์ม ด้วยปริมาณต่างๆกันก่อนและหลังซัก



รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบการดูดซึมน้ำบนผ้าที่ถูกตกแต่งด้วยสารสะท้อนน้ำจากน้ำมันดอกทานตะวัน ด้วยปริมาณต่างๆกันก่อนและหลังซัก